

549575

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

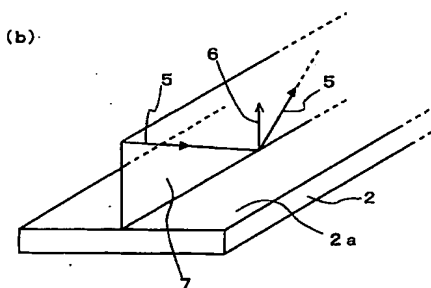
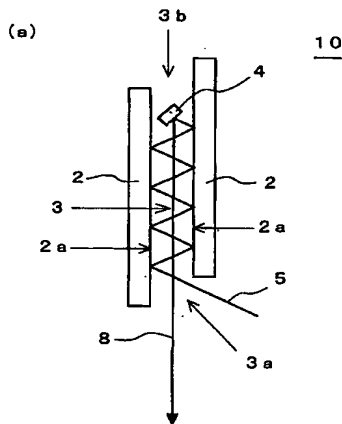
(10) 国際公開番号
WO 2004/086118 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G02B 26/00 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003911 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松田 功 (MAT-SUDA, Isao) [JP/JP]; 〒2470055 神奈川県鎌倉市小袋谷 1-7-13 Kanagawa (JP). 三沢 和彦 (MISAWA, Kazuhiko) [JP/JP]; 〒1570065 東京都世田谷区上祖師谷 3-17-8 Tokyo (JP). 覧具 博義 (LANG, Hiroyoshi) [JP/JP]; 〒1650022 東京都中野区江古田 4-5-16 Tokyo (JP).
(22) 国際出願日: 2004 年 3 月 23 日 (23.03.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2003-081170 2003 年 3 月 24 日 (24.03.2003) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人科学技術振興機構 (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) [JP/JP]; 〒3320012 埼玉県川口市本町 4-1-8 Saitama (JP).
(74) 代理人: 平山 一幸 (HIRAYAMA, Kazuyuki); 〒1600022 東京都新宿区新宿 2-3-10 新宿御苑ビル 6 階 Tokyo (JP).
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FREQUENCY LINEAR CHIRP VARIABLE UNIT

(54) 発明の名称: 光周波数線形チャープ量可変装置



(57) Abstract: An optical frequency linear chirp variable unit employing a dielectric multilayer film mirror not requiring alignment of optical axis every time when the amount of chirp is varied. The optical frequency linear chirp variable unit comprises two dielectric multilayer film mirrors (2, 2) arranged in parallel with the dielectric multilayer film mirror surfaces (2a) facing each other, and a movable mirror (4) arranged in a space (3) formed between the dielectric multilayer film mirrors (2, 2). The movable mirror (4) reflects an incident light (5) entering obliquely from one end of the space (3) formed between the dielectric multilayer film mirrors (2, 2) and reflected a plurality of times to the direction of one end (3a) in parallel with the dielectric multilayer film mirror surface (2a) in an incident plane (7) determined by the incident light (5) and the surface normal (6) to the dielectric multilayer film mirrors (2). The movable mirror (4) is movable inward of the incident plane (7) in parallel with the dielectric multilayer film mirror surface (2a), and an amount of chirp to be added is varied by advancing or retracting the movable mirror (4) in that direction.

(57) 要約: チャープ量を変化させる毎の光軸あわせを必要としない誘電体多層膜鏡を用いた光周波数線形チャープ量可変装置で、誘電体多層膜面 (2a) を向き合わせて互いに平行に配列した 2 枚の誘電体多層膜鏡 (2)、(2) と、誘電体多層膜鏡 (2)、(2) によって挟まれる空間 (3) 内に配設した可動鏡 (4) とを有する。可動鏡 (4) は、2 枚の誘電体多層膜鏡 (2)、(2) によって挟まれる空間 (3) の一端から斜めに入射し複数回反射した入射光 (5) を誘電体多層膜鏡面 (2a) に平行、入射光 (5) と誘電体多層膜鏡 (2) の面法線 (6) で決定される入射面 (7) 内、かつ一端 (3a) 方向に反射する。可動鏡 (4) は、誘電体多層膜鏡面 (2a) に平行、かつ入射面 (7) 内の方向に移動可能であり、この方向に沿って可動鏡 (4) を前進または後進させることにより、付加するチャープ量を変化させる。

WO 2004/086118 A1



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が
可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,
KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

光周波数線形チャープ量可変装置

技術分野

この発明は、光化学反応分野、光材料加工分野、あるいは、超高速光通信分野で使用する光周波数線形チャープ量可変装置に関する。

背景技術

近年、分子状態や固体の電子状態の制御、化学反応制御、あるいは材料加工等において、フェムト秒光パルスが様々な形態で利用されている（例えば、下記の文献 1～5 を参照）。また、フェムト秒光パルスの応用が広がるにつれ、より時間幅の狭いフェムト秒光パルス発生装置や、コスト、利便性に優れたフェムト秒光パルス応用装置への要求が高まっている。

これらの要求を満たすためには、フェムト秒光パルスの周波数線形チャープ技術が重要である。周波数チャープとは、光パルスの瞬時周波数が時間的に変化する現象であり、時間とともに線形に増加する場合を正チャープ、線形に減少する場合を負チャープと呼ぶ。

フェムト秒光パルスの発生は、時間幅が広がった光パルスのスペクトル成分間の相対位相を制御して、フーリエ変換限界程度に時間幅を圧縮する技術である。光パルスの時間軸上の広がり、光パルスのスペクトル成分間の相対位相関係によって生ずるので、周波数に対して相対位相を補償することによって、すなわちチャープさせてパルス圧縮が行われる（例えば、文献 6 を参照）。線形チャープは、光の伝搬定数が、一定の群速度分散を有する場合、すなわち、周波数の 2 乗依存性を有する場合に生じることから、二次分散とも呼ばれる。

上記のように、フェムト秒光パルスの時間幅をさらに狭くする要求が高まっているが、光パルスの時間幅を狭めると、それに対応して周波数スペクトル幅が拡大するので、拡大した周波数スペクトルの成分間全てにチャープを与えることが必要になり、従来よりも広い周波数範囲にわたって、大きなチャープを与えるこ

とが必要になる。

また、近年、フェムト秒光パルスを照射することによって誘起される物質の電子状態が、チャープの方向によって変化することが発見され、このような新たな原理に基づいて新物質を合成するためには、チャープの方向、チャープ量の大きさを精密に制御することが必要となってきた。また、光通信の分野においても、光パルス信号の時間拡がりや、WDM (Wavelength Division Multiplex) における各波長信号間の時間遅れを無くすために、チャープの方向、チャープ量の大きさを任意に制御できて、コスト、利便性に優れたチャープ制御装置が必要とされている。このように、線形チャープ技術に対する要望は極めて大きくなってきているが、以下に説明する従来の線形チャープ技術では、対応が困難である。

一般に、光パルスに正チャープを加えることは容易であるが、負チャープを加えるためには複雑な機構を要する。従来のチャープ量を制御する装置は、プリズム対、あるいは回折格子対を用い、この各対間の距離を変えて負チャープ量を変化させる装置が一般的であるが（文献7を参照）、これらの装置によって、広い周波数スペクトル範囲にわたって大きな負チャープを加えようとする線形チャープ、すなわち二次分散だけでなく、二次分散よりも高次の分散も加わってしまうという課題がある。

また、光パルスのスペクトルを周波数に依存して空間分散させ、周波数毎の異なった位置に空間配置した液晶デバイスや可変回折格子鏡を用い、周波数毎に所定の位相を加えてから合波し、チャープ量を制御する装置がある。しかし、これらの装置は、例えば、液晶素子は、光エネルギーに対する損傷しきい値が低く、高エネルギー光パルスの使用に耐えない、また、装置がいずれも大型になるためコストが高くなると共に、利便性が悪くなるといった課題がある。

また、チャープ量を制御する装置としては、誘電体多層膜鏡がある（例えば、文献8を参照）。誘電体多層膜鏡は、屈折率（誘電率）の異なる光学薄膜を膜厚を制御して交互に複数積層し、この積層膜から反射する光が、周波数に比例した位相を持つようにしたものである。この装置は、光エネルギーに対する損傷しきい値が高い光学物質、例えば、 SiO_2 や TiO_2 を誘電体多層膜として使用するので、高エネルギー光パルスの使用に耐える。また、光パルスを誘電体多層膜

で反射させるだけなので、装置が小型である。

- 文献 1 : Kazuhiko Misawa and Takayoshi Kobayashi, J. Chem. Phys. 113, (2000)
- 文献 2 : G. Cerullo, C. J. Bardeen, Q. Wang, and C. V. Shank, Chem. Phys. Lett. 262, 362 (1996)
- 文献 3 : C. J. Bardeen, Q. Wang, and C. V. Shank, Phys. Rev. Lett. 75, 3410
- 文献 4 : J. Cao, C. J. Bardeen, and K. R. Wilson, Phys. Rev. Lett. 80, 1406 (1998)
- 文献 5 : Jennifer L. Herek, Wendel Wohlleben, Richard J. Cogdell, Dirk Zeidler & Marcus Motzkus, "Quantum control of energy flow in light harvesting" Nature 417, 533 (2002)
- 文献 6 : Maruzen Advanced Technology 電子・情報・通信編 矢島達夫編 丸善株式会社 平成 2 年 3 月 15 日発行 18～19 頁
- 文献 7 : Maruzen Advanced Technology 電子・情報・通信編 矢島達夫編 丸善株式会社 平成 2 年 3 月 15 日発行 96～97 頁
- 文献 8 : Robert Szipocs and Karpat Ferencz, Christian Spielmann and Ferenc Krausz "Chirped multilayer coatings for broadband dispersion control in femtosecond lasers" Optics Letters Vol.19, No.3, 1994. 2. 1, 201
- 文献 9 : Rick Trebino, Kenneth W. DeLong, David N. Fittinghoff, John N. Sweetser, Marco A. Krumbugel, and Bruce A. Richman, and Daniel J. Kane, "Measuring ultrashort laser pulses in the time-frequency domain using frequency-resolved optical gating", Rev. Sci. Instrum. 68(9), 3277 (1997)

しかしながら、誘電体多層膜鏡を使用した従来の線形チャープ装置は以下に説明する課題がある。

図 5 は従来の誘電体多層膜鏡を使用した線形チャープ装置を示す図である。この装置は、平行に配置した誘電体多層膜鏡 51, 51 からなり、誘電体多層膜鏡

51, 51の相対位置を調節することによって、光パルス52の誘電体多層膜鏡51, 51による反射回数を制御して、光パルス52に加える負チャープ量を制御する。図5(a)は反射回数が2回の場合を示しており、図5(b)は反射回数が4回の場合を示しており、図の点線は(a)に示した反射回数2回の場合の光軸を示している。すなわち、チャープ量を少なくするには、(a)に示すように誘電体多層膜鏡51, 51の相対位置を離して反射回数を減らし、負チャープ量を多くするには、(b)に示すように、誘電体多層膜鏡51, 51の相対位置を近づけて反射回数を増やす。

この構成においては、図5(b)の実線と点線に示すように、設定した反射回数毎に、すなわちチャープ量を変化させる毎に光軸がずれてしまう。このように、従来の誘電体多層膜鏡を用いたチャープ量を可変できる装置は、チャープ量を変化させる毎に光軸あわせを必要とし、あるいは、光軸を再調整するための光学系を必要とし、このため、極めて利便性が低かった。

発明の開示

上記課題に鑑み本発明は、誘電体多層膜鏡を用いたチャープ量可変装置において、チャープ量を変化させる毎に光軸あわせを必要としない光周波数線形チャープ量可変装置を提供することを目的とする。

上記目的を達成するため、本発明の光周波数線形チャープ量可変装置は、誘電体多層膜面を向き合わせて互いに平行に配列した2枚の誘電体多層膜鏡と、この2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間内に配設した、所定の傾きを有し、かつ所定の方向に移動可能な可動鏡とを有しており、可動鏡の所定の傾きは、2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間の一端から斜めに入射し複数回反射した入射光を誘電体多層膜鏡面に平行、入射光と誘電体多層膜鏡の面法線で決定される入射面内、かつ空間の一端に反射する傾きである。所定の方向は誘電体多層膜鏡面に平行、かつ入射面内の方向であり、この方向に沿って可動鏡を前進または後進させることにより、付加するチャープ量を変化させる構成で成る。

この構成によれば、互いに平行に配列した2枚の誘電体多層膜鏡の一端から入射した光は、2枚の誘電体多層膜鏡間で複数回反射して可動鏡に至り、可動鏡で

反射されて誘電体多層膜鏡面と平行に、かつ入射面内の光線となって出射する。従って、可動鏡を前進または後進することによって入射光の反射回数を制御して反射回数に比例したチャープ量を付加できると共に、可動鏡の位置によらずに同一方向の出射光が得られる。そのため、チャープ量を変化させる毎の光軸あわせが必要でなくなり、また、光軸あわせのための光学系を付加する必要が無く、低コスト、利便性に優れた光周波数線形チャープ量可変装置を提供できる。

また、本発明の光周波数線形チャープ量可変装置の第二の構成は、誘電体多層膜面を向き合わせて互いに平行に配列した2枚の誘電体多層膜鏡と、2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間内に配設した、所定の傾きを有し、かつ所定の方向に移動可能な第1の可動鏡と第2の可動鏡を有しており、第1の可動鏡の所定の傾きは、2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間の一端から誘電体多層膜鏡面に平行に入射する入射光を反射し、入射光と誘電体多層膜鏡の面法線で決定される入射面内で複数回反射させる傾きであり、第2の可動鏡の所定の傾きは、複数回反射した入射光を誘電体多層膜鏡面に平行、入射面内、かつ、空間の他端方向に反射する傾きである。所定の方向は誘電体多層膜鏡面に平行、かつ入射面内の方向であり、この方向に沿って第1の可動鏡または第2の可動鏡を前進または後進させることにより、第1の可動鏡と第2の可動鏡との間の距離を制御して、付加するチャープ量を変化させることを特徴としている。

この第二の構成によれば、互いに平行に配列した2枚の誘電体多層膜鏡の一端から誘電体多層膜鏡面に平行に入射した光は第1の可動鏡によって反射し、2枚の誘電体多層膜鏡間で複数回反射して第2の可動鏡に至り、第2の可動鏡で反射されて2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間の他端から入射方向と同一方向に出射する。第1の可動鏡または第2の可動鏡を前進または後進させることにより、付加するチャープ量を可変することができると共に、入射方向と同一方向の出射光を得ることができる。すなわち、この第二の光周波数線形チャープ量可変装置は、装置に入射する光の方向と出射する方向とが同一であることを特徴とするものである。

さらに、本発明の光周波数線形チャープ量可変装置の第三の構成は、誘電体多層膜面を向き合わせて互いに平行に配列した2枚の誘電体多層膜鏡と、2枚の誘

電体多層膜鏡によって挟まれる空間内の中心に配設した、所定の傾きを有する第 1 の反射面と第 2 の反射面を有する固定鏡と、固定鏡の両側に配置した、所定の傾きを有し、かつ所定の方向に移動可能な第 1 の可動鏡と第 2 の可動鏡とを有しており、固定鏡の所定の傾きを有する第 1 の反射面の傾きは、2 枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間の一端から誘電体多層膜鏡面に平行に入射する入射光を反射し、入射光と誘電体多層膜鏡面法線で決定される入射面内で複数回反射させる傾きであり、第 1 の可動鏡の所定の傾きは、複数回反射した入射光を反射して、誘電体多層膜鏡面に平行かつ入射面内に反射する傾きであり、第 2 の可動鏡の所定の傾きは、第 1 の可動鏡によって反射された光を反射し、入射面内で複数回反射させる傾きであり、固定鏡の所定の傾きを有する第 2 の反射面の傾きは、第 2 の可動鏡で反射され複数回反射した光を誘電体多層膜鏡面に平行かつ入射面内に反射する傾きである。所定の方向は誘電体多層膜鏡面に平行かつ入射面内の方向であり、この方向に沿って第 1 の可動鏡または第 2 の可動鏡を前進または後進させることにより、第 1 の可動鏡と第 2 の可動鏡との間の距離を制御して付加するチャープ量を変化させることを特徴とするものである。

この第三の構成によれば、互いに平行に配列した 2 枚の誘電体多層膜鏡の一端から誘電体多層膜鏡面に平行に入射した光は、固定鏡の第 1 の反射面で反射し 2 枚の誘電体多層膜鏡間で複数回反射して第 1 の可動鏡に至り、第 1 の可動鏡で入射方向と同一方向に反射されて第 2 の可動鏡に至り、第 2 の可動鏡で反射し 2 枚の誘電体多層膜鏡間で複数回反射して固定鏡の第 2 の反射面に至り、第 2 の反射面で反射して 2 枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間の他端から入射方向と同一方向へ出射する。第 1 の可動鏡または第 2 の可動鏡を前進または後進させることにより、第 1 の可動鏡と第 2 の可動鏡との間の距離を制御して付加するチャープ量を可変にする。第 1 の可動鏡と第 2 の可動鏡との間の距離を制御することによって入射光の反射回数を制御し、反射回数に比例したチャープを付加し、入射方向と同一方向に出射光を得ることができると共に、可動鏡の厚みによる制限を受けずに反射させることができるので、入射角をより小さくすることができ、その結果、単位長さあたりの反射回数を多くすることができるので、より大きなチャープ量を制御することができる。

本発明の装置は、チャープ量を変化させる毎の光軸あわせを必要とせず、また、一回の反射によるチャープ量が決まっているためにパルスに加えたチャープ量が反射の回数で直ちに確認できる。また、誘電体多層膜であるので高エネルギー光パルスの使用に耐える。また、構造が簡単なため小型化が可能であり、低コスト、利便性に優れた装置である。このように本発明の装置によれば、従来のチャープ量制御装置が有していた全ての課題を克服することができる。

図面の簡単な説明

本発明は、以下の詳細な発明及び本発明の幾つかの実施の形態を示す添付図面に基づいて、より良く理解されるものとなろう。なお、添付図面に示す種々の実施例は本発明を特定または限定することを意図するものではなく、単に本発明の説明及び理解を容易とするためだけのものである。

図 1 は、本発明の光周波数チャープ量可変装置の第 1 の実施の形態の構成を示す図である。

図 2 は、本発明の光周波数チャープ量可変装置の第 2 の実施の形態の構成を示す図である。

図 3 は、本発明の光周波数チャープ量可変装置の第 3 の実施の形態の構成を示す図である。

図 4 は、実施例の測定結果を示す図である。

図 5 は、従来の誘電体多層膜鏡を使用した線形チャープ装置を示す概略構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、実質的に同一の部材又は部分には同一の符号を用いて説明する。

図 1 は、本発明の光周波数チャープ量可変装置の第 1 の実施の形態の構成を示す図である。(a) は本装置の構成を示し、(b) は、入射光と誘電体多層膜鏡の法線とで決定される入射面を模式的に示す。本発明の光周波数チャープ量可変装置 10 は、図 1 (a) に示すように、誘電体多層膜面 2a, 2a を向き合わせ

て互いに平行に配列した 2 枚の誘電体多層膜鏡 2, 2 と、誘電体多層膜鏡 2, 2 によって挟まれる空間 3 内に配設した、所定の傾きを有し、かつ所定の方向に移動可能な可動鏡 4 とを有している。

誘電体多層膜鏡 2, 2 は、上記したように、屈折率（誘電率）の異なる光学薄膜を膜厚を制御して交互に複数積層し、この積層膜から反射する光が、光周波数に比例した位相を持つようにしたものである（前記文献 8 を参照）。光エネルギーに対する損傷しきい値が高い光学物質、例えば、 SiO_2 や TiO_2 を誘電体多層膜として使用するので、高エネルギー光パルスの使用に耐える。

可動鏡 4 の傾きは、空間 3 の一端 3 a から斜めに入射し、誘電体多層膜面 2 a, 2 a 間で複数回反射した入射光 5 を、入射面 7 内の誘電体多層膜鏡面 2 a に平行な方向に、かつ空間 3 の一端 3 a 方向に反射する傾きである。ここで、入射面とは図 1 (b) に示すように、入射光 5 の光線ベクトルと誘電体多層膜鏡面 2 a の面法線ベクトル 6 とで決定される面 7 のことであり、また、入射角とは入射光 5 の光線ベクトルと面法線ベクトル 6 とがなす角のことであり、以後の説明においても同様とする。

可動鏡 4 の移動可能な方向は、誘電体多層膜鏡面 2 a に平行、かつ入射面内の方向であり、この方向に沿って可動鏡 4 を前進または後進させることにより付加するチャープ量を可変にする。

この構成によれば、互いに平行に配列した 2 枚の誘電体多層膜鏡 2, 2 の一端 3 a から入射した入射光 5 は、誘電体多層膜鏡面 2 a, 2 a 間で複数回反射して可動鏡 4 に至り、可動鏡 4 で反射されて誘電体多層膜鏡面 2 a, 2 a に平行、かつ入射面 7 内の光線となって出射光 8 となる。従って、可動鏡 4 を前進または後進することによって入射光 5 の反射回数を制御して反射回数に比例したチャープ量を付加できると共に、可動鏡 4 の位置によらずに同一方向の出射光 8 が得られる。従って、チャープ量を変化させる毎の光軸あわせが必要なくなり、または、光軸あわせのための光学系を付加する必要がなくなり、低コスト、利便性に優れた光周波数線形チャープ量可変装置が得られる。

次に本発明の光周波数線形チャープ量可変装置の第 2 の実施形態を説明する。

図 2 は、本発明の光周波数線形チャープ量可変装置の第 2 の実施形態の構成を

示す図である。図 1 に示した装置においては入射方向と出射方向が異なるが、この装置では入射方向と出射方向を揃えることができることに特徴がある。第 2 の実施形態の光周波数線形チャープ量可変装置 20 は、誘電体多層膜面 2 a, 2 a を向き合わせて互いに平行に配列した 2 枚の誘電体多層膜鏡 2, 2 と、誘電体多層膜鏡 2, 2 によって挟まれる空間 3 内に配設した、所定の傾きを有し、かつ所定の方向に移動可能な第 1 の可動鏡 4 a と第 2 の可動鏡 4 b とを具備している。

第 1 の可動鏡 4 a の傾きは、空間 3 の一端 3 a から誘電体多層膜鏡面 2 a に平行に入射する入射光 5 を、誘電体多層膜面 2 a, 2 a 間で複数回反射させ、かつ空間 3 の他端 3 b 方向に向かわせる傾きである。

第 2 の可動鏡 4 b の傾きは、複数回反射した入射光 5 を誘電体多層膜鏡面 2 a に平行で、入射面 7 内、かつ、空間 3 の他端 3 b 方向に反射する傾きである。

可動鏡 4 a, 4 b の移動可能方向は、誘電体多層膜鏡面 2 a に平行、かつ入射面 7 内の方向であり、この方向に沿って第 1 の可動鏡 4 a または第 2 の可動鏡 4 b を前進または後進させることにより、第 1 の可動鏡 4 a と第 2 の可動鏡 4 b との間の距離を制御して、付加するチャープ量を可変する。

この構成によれば、互いに平行に配列した 2 枚の誘電体多層膜鏡 2, 2 の一端から誘電体多層膜鏡面 2 a に平行に入射した入射光 5 は第 1 の可動鏡 4 a によって反射し、誘電体多層膜面 2 a, 2 a 間で複数回反射して第 2 の可動鏡 4 b に至り、第 2 の可動鏡 4 b で反射されて 2 枚の誘電体多層膜鏡 2, 2 によって挟まれる空間 3 の他端 3 b から入射方向と同一方向に出射する。第 1 の可動鏡 4 a または第 2 の可動鏡 4 b を前進または後進させることにより、付加するチャープ量を可変することができると共に入射方向と同一方向の出射光を得ることができる。

次に本発明の光周波数線形チャープ量可変装置の第 3 の実施形態を説明する。図 3 は、第 3 の実施形態の光周波数線形チャープ量可変装置の構成を示す。図 2 に示した装置は、図から明らかなように、入射光の入射角を小さくしていくと反射光が可動鏡の厚みに遮られるようになり、入射角に限界がある。第 3 の実施形態の装置は、入射角を小さくすることができ、従って付加するチャープ量を大きくできることを特徴としている。第 3 の実施形態に係る光周波数線形チャープ量可変装置 30 は、誘電体多層膜面 2 a, 2 a を向き合わせて互いに平行に配列し

た2枚の誘電体多層膜鏡2, 2と、誘電体多層膜鏡2, 2によって挟まれる空間3内の中心に配設した固定鏡9と、固定鏡9の両側に配置した、第1の可動鏡4aと第2の可動鏡4bとを有している。

固定鏡9は、所定の傾きを有する第1の反射面9aと第2の反射面9bとを有しており、第1の可動鏡4aと第2の可動鏡4bは、所定の傾きを有し、また、所定の方向に移動可能である。固定鏡9の第1の反射面9aの傾きは、空間3の一端3aから誘電体多層膜鏡面2に平行に入射する入射光5を、入射面7内で、かつ誘電体多層膜面2a, 2a間で複数回反射させ、かつ、第1の可動鏡4a方向に戻す傾きであり、第1の可動鏡4aの傾きは、複数回反射した入射光5を入射面7内で、誘電体多層膜鏡面2aに平行、かつ第2の可動鏡4b方向に反射させる傾きであり、第2の可動鏡4bの傾きは、第1の可動鏡4aによって反射された光を入射面7内で、誘電体多層膜鏡面2a, 2a間で複数回反射させ、かつ固定鏡9の第2の反射面9b方向に戻す傾きであり、固定鏡9の第2の反射面9bの傾きは、第2の可動鏡4bで反射され複数回反射した光を入射面7内で、誘電体多層膜鏡面2aに平行、かつ空間3の他端3b方向に反射する傾きである。

可動鏡4a, 4bの移動可能方向は誘電体多層膜鏡面2aに平行かつ入射面7内の方向であり、この方向に沿って第1の可動鏡4aまたは第2の可動鏡4bを前進または後進させることにより、第1の可動鏡4aと第2の可動鏡4bとの間の距離を制御して付加するチャープ量を可変する。

この構成によれば、互いに平行に配列した2枚の誘電体多層膜鏡2, 2の一端3aから誘電体多層膜鏡面2aに平行に入射した入射光5は、固定鏡9の第1の反射面9aで反射し誘電体多層膜鏡面2a, 2a間で複数回反射して第1の可動鏡4aに至り、第1の可動鏡4aで入射方向と同一方向に反射されて第2の可動鏡4bに至り、第2の可動鏡4bで反射し誘電体多層膜鏡面2a, 2a間で複数回反射して固定鏡9の第2の反射面9bに至り、第2の反射面9bで反射して空間3の他端3bから入射方向と同一方向に出射する。第1の可動鏡4aまたは第2の可動鏡4bを前進または後進させることにより、第1の可動鏡4aと第2の可動鏡4bとの間の距離を制御して付加するチャープ量を可変する。

第3の実施形態の装置では、誘電体多層膜鏡面2a, 2a間の複数回反射が、

常に可動鏡の反射面の前面で起こるようになるので、図 1 及び図 2 の構成に比べて、入射光線の入射角を小さくすることができる。従って、第 1 の可動鏡 4 a と第 2 の可動鏡 4 b との間の距離を制御することによって、入射光の反射回数を制御し、反射回数に比例したチャープを付加し、入射方向と同一方向に出射光を得ることができると共に、入射角をより小さくすることができる。その結果、単位長さあたりの反射回数を多くすることができ、より大きなチャープ量を制御することができる。

次に、本発明の実施例を説明する。

本実施例は、図 1 に示した本発明の第 1 の実施形態による光周波数線形チャープ量可変装置を用いて行った。用いた誘電体多層膜鏡は、シグマ光機株式会社製のシグマ光機 G F M - S E T - 5 0 f s 2 である。

入射光にフェムト秒光パルスを用い、第 1 の実施形態の装置を用いて、可動鏡の位置を変えて、反射回数を変化させた。出力光の光パルスの瞬時周波数を F R O G (Frequency Resolved Optical Gating : 前記文献 6 を参照) 法を用いて測定した。

図 4 は実施例の測定結果を示す図である。横軸は時間軸であり、右側の縦軸はフェムト秒光パルスの電界強度 (任意メモリ) を示し、左側の縦軸は瞬時周波数を表す。図 4 (a), (b), (c) は、この順番に反射回数を増やして測定した結果を示す図である。図において、曲線 A は、フェムト秒光パルスの時間軸状の電界強度分布を表し、曲線 B は F R O G 測定装置の出力を表している。直線 C は曲線 B から求めた瞬時周波数を表す。なお、図中の数値はチャープレートと呼ばれる単位時間あたりの周波数変化量を示す量であり、直線 C の勾配である。

図にみられるように、直線 C は、反射回数を増やすに従って勾配が負方向に大きくなり、線形負チャープ量が反射回数に比例して増加していることがわかる。なお、図 4 (a) において、直線 C が正の勾配を有しているのは、入射光のフェムト秒光パルスが正の線形チャープ量を有しているため、(a) の測定における反射回数では正の線形チャープ量を補償仕切れないためである。

産業上の利用可能性

上記説明から理解されるように、本発明の装置によれば、極めて広帯域な周波数にわたって大きなチャープ量を付加することができ、しかも、付加するチャープ量毎に光軸あわせをする必要が無い。また光パルスの入射方向によらずに一定方向に、あるいは入射方向と同一方向に出力光を得ることができる。

従って、本発明は、今後必要とされる、パルス幅のより狭いフェムト秒光パルスの生成に、あるいは、チャープ量を簡便、低コスト、かつ任意に制御することが必要な、光化学反応分野、光材料加工分野、あるいは、超高速光通信分野で使用すれば極めて有用である。

請 求 の 範 囲

1. 誘電体多層膜面を向き合わせて互いに平行に配列した2枚の誘電体多層膜鏡と、この2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間内に配設した所定の傾きを有し、かつ所定の方向に移動可能な可動鏡とを有し、

上記可動鏡の所定の傾きは、上記2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間の一端から斜めに入射し複数回反射した入射光を上記誘電体多層膜鏡面に平行、上記入射光と上記誘電体多層膜鏡の面法線で決定される入射面内、かつ上記一端方向に反射する傾きであり、

上記移動可能な所定の方向は上記誘電体多層膜鏡面に平行、かつ上記入射面内の方向であり、

この方向に沿って可動鏡を前進または後進させることにより、付加するチャープ量を変化させることを特徴とする、光周波数線形チャープ量可変装置。

2. 誘電体多層膜面を向き合わせて互いに平行に配列した2枚の誘電体多層膜鏡と、2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間内に配設した所定の傾きを有し、かつ所定の方向に移動可能な第1の可動鏡と第2の可動鏡とを有し、

第1の可動鏡の所定の傾きは、上記2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間の一端から上記誘電体多層膜鏡面に平行に入射する入射光を反射し、この入射光と上記誘電体多層膜鏡の面法線で決定される入射面内で複数回反射させる傾きであり、

第2の可動鏡の所定の傾きは、上記複数回反射した入射光を上記誘電体多層膜鏡面に平行、上記入射面内、かつ、上記空間の他端方向に反射する傾きであり、

上記移動可能な所定の方向は上記誘電体多層膜鏡面に平行、かつ上記入射面内の方向であり、

この方向に沿って第1の可動鏡または第2の可動鏡を前進または後進させることにより、第1の可動鏡と第2の可動鏡との間の距離を制御して、付加するチャープ量を変化させることを特徴とする、光周波数線形チャープ量可変装置。

3. 誘電体多層膜面を向き合わせて互いに平行に配列した2枚の誘電体多層膜鏡と、この2枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間内の中心に配設した

、所定の傾きを有する第 1 の反射面と第 2 の反射面を有する固定鏡と、この固定鏡の両側に配置した、所定の傾きを有し、かつ所定の方向に移動可能な第 1 の可動鏡と第 2 の可動鏡とを有し、

上記固定鏡の所定の傾きを有する第 1 の反射面の傾きは、上記 2 枚の誘電体多層膜鏡によって挟まれる空間の一端から上記誘電体多層膜鏡面に平行に入射する入射光を反射し、この入射光と上記誘電体多層膜鏡面法線で決定される入射面内で複数回反射させる傾きであり、

第 1 の可動鏡の所定の傾きは、上記複数回反射した入射光を反射して、上記誘電体多層膜鏡面に平行かつ上記入射面内に複数回反射する傾きであり、

第 2 の可動鏡の所定の傾きは、第 1 の可動鏡によって反射された光を反射し、上記入射面内で複数回反射させる傾きであり、

上記固定鏡の所定の傾きを有する第 2 の反射面の傾きは、第 2 の可動鏡で反射され複数回反射した光を上記誘電体多層膜鏡面に平行、上記入射面内、かつ上記空間の他端に反射する傾きであり、

上記移動可能な所定の方向は上記誘電体多層膜鏡面に平行かつ入射面内の方向であり、

この方向に沿って第 1 の可動鏡または第 2 の可動鏡を前進または後進させることにより、第 1 の可動鏡と第 2 の可動鏡との間の距離を制御して付加するチャープ量を変化させることを特徴とする、光周波数線形チャープ量可変装置。

図 1

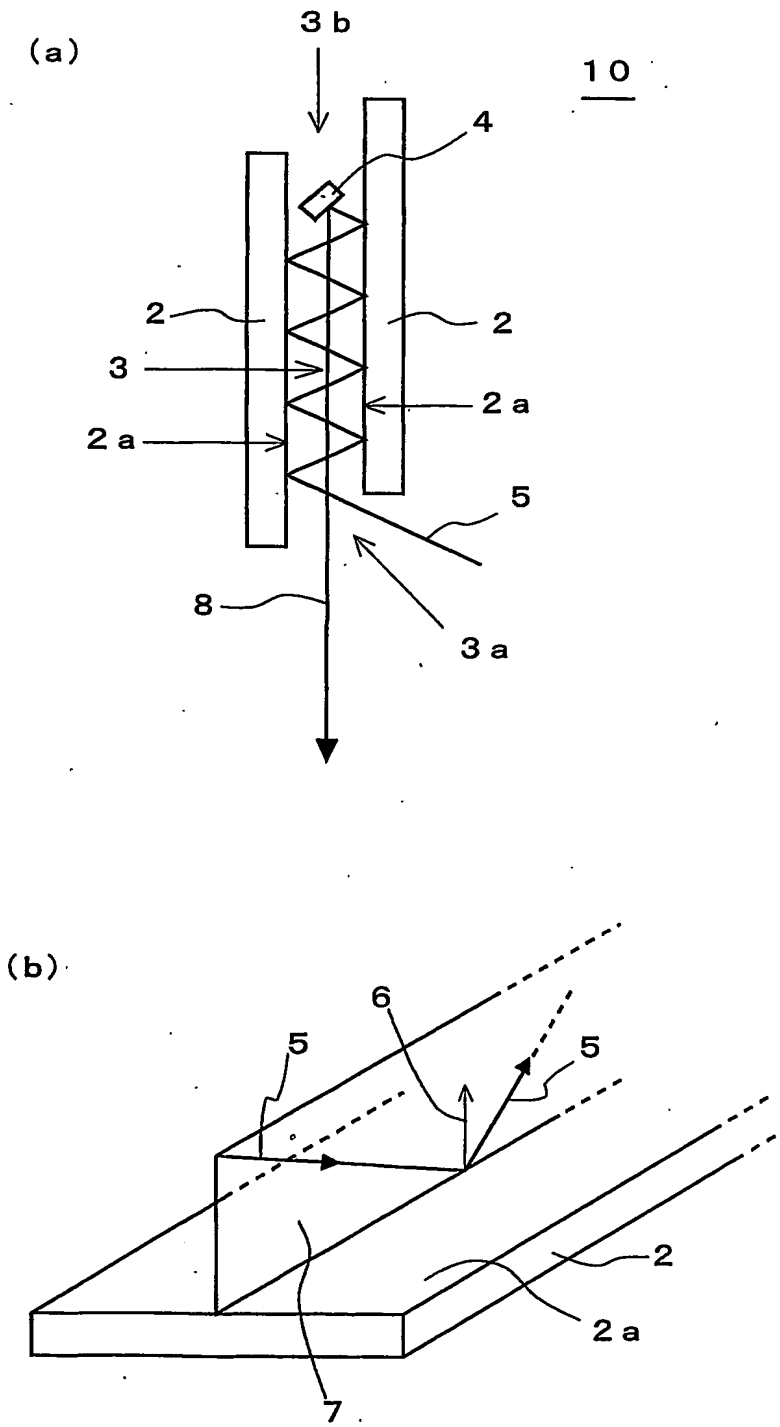


図 2

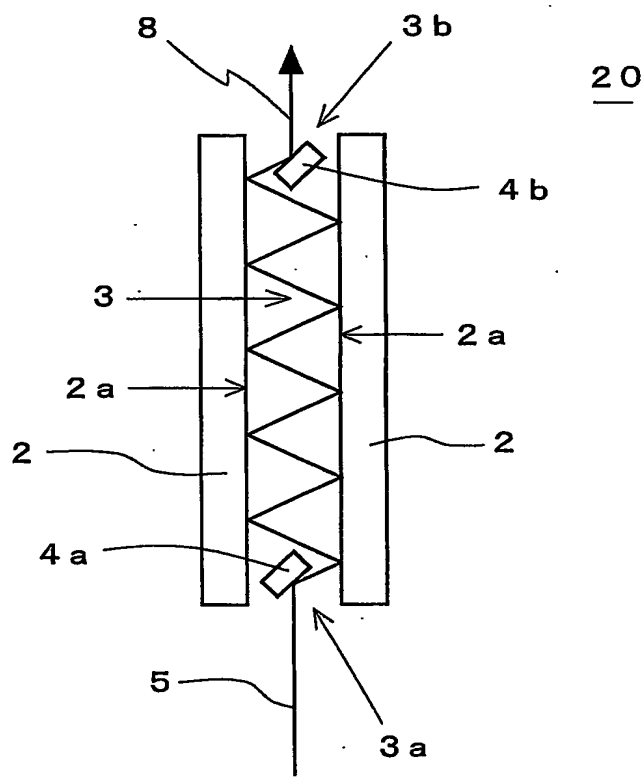


図 3

30

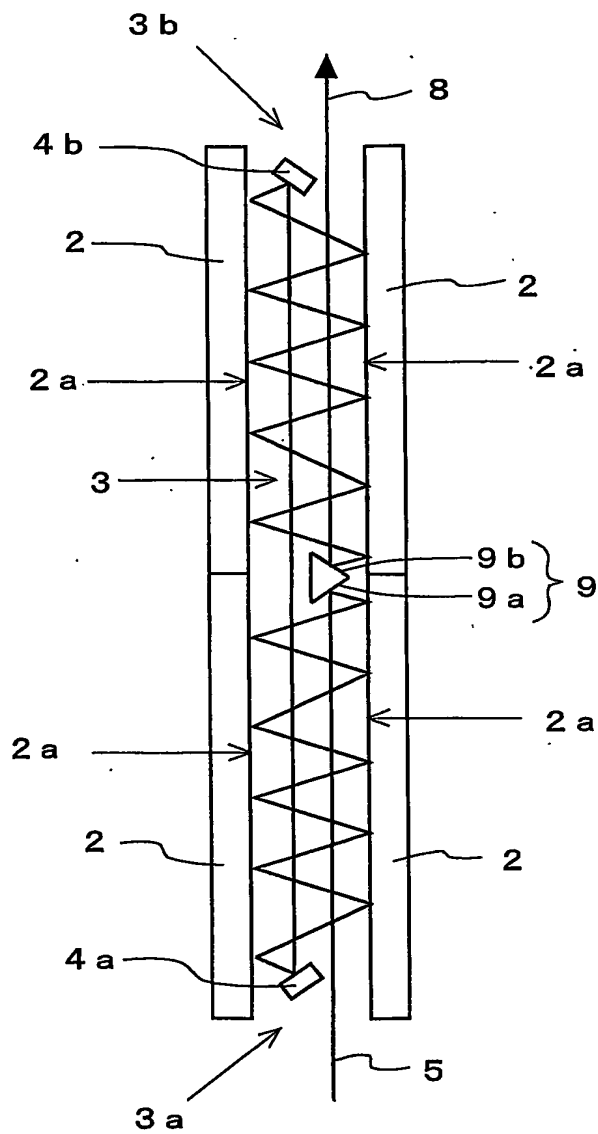


図 4

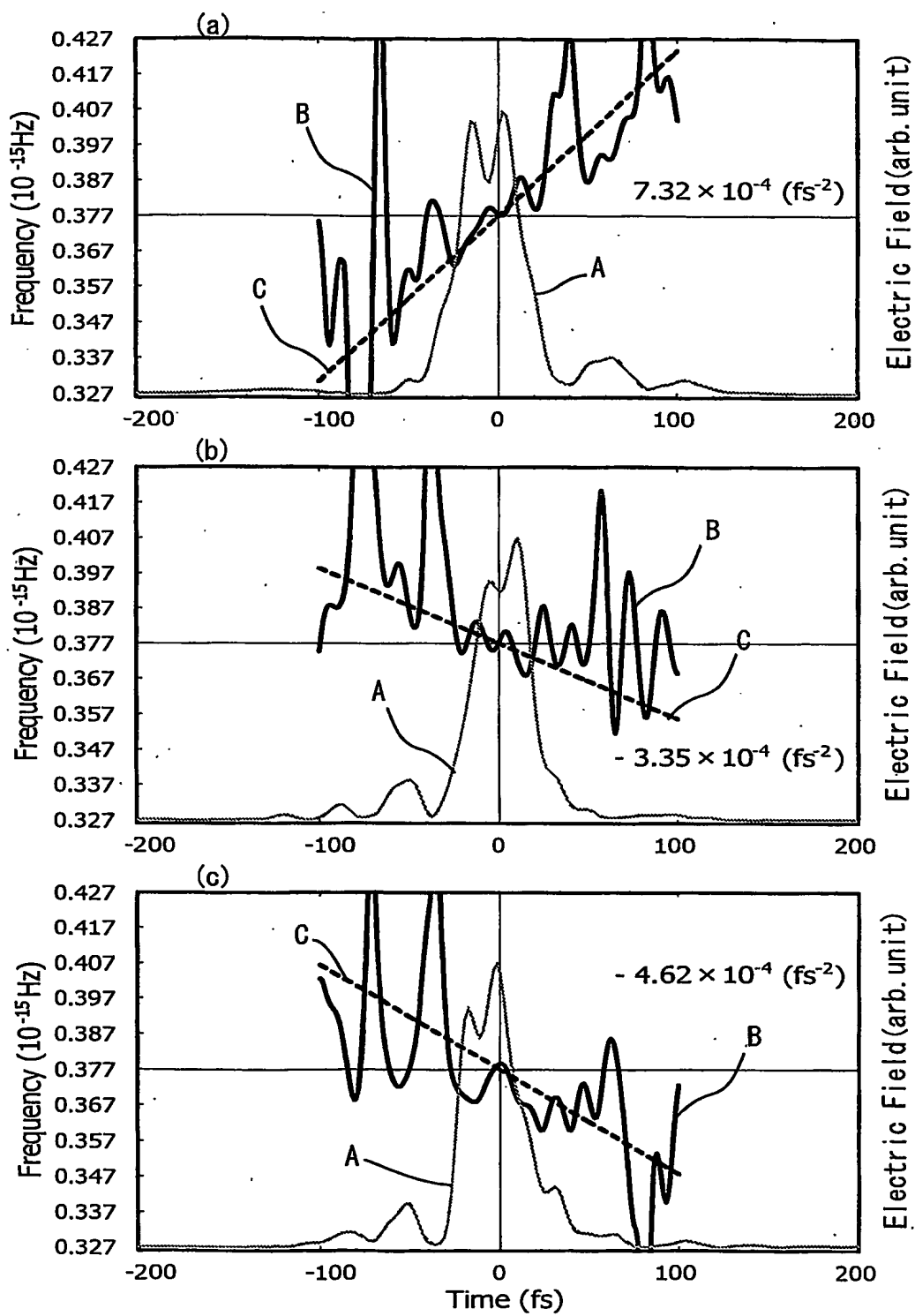
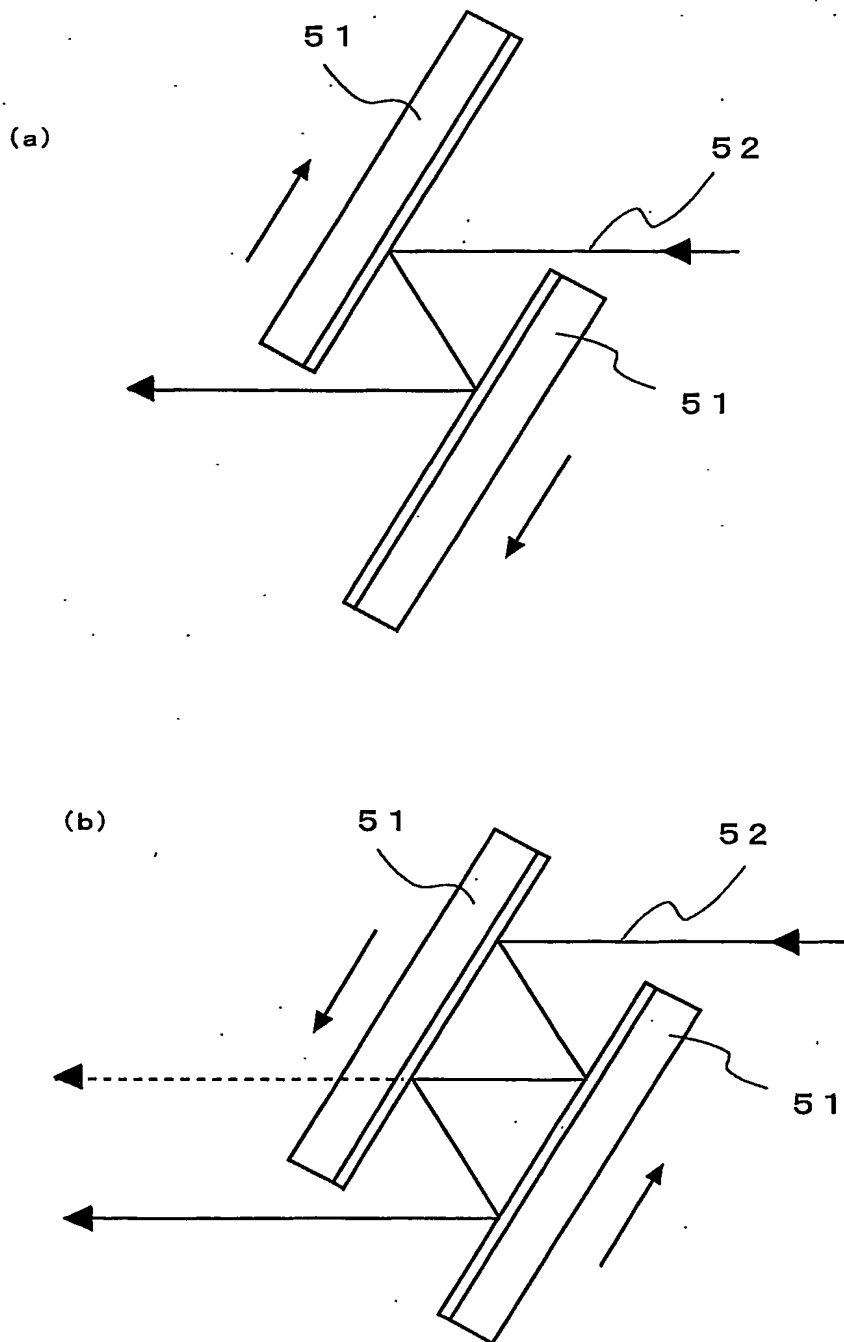


図 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003911

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B26/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G02B26/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-313607 A (NEC Corp.), 09 November, 2001 (09.11.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-3
A	US 2003/0021527 A (Fujitsu Ltd.), 30 January, 2003 (30.01.03), Full text; all drawings & JP 2003-035873 A Full text; all drawings	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 April, 2004 (14.04.04)

Date of mailing of the international search report
27 April, 2004 (27.04.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B26/00		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B26/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-313607 A (日本電気株式会社) 2001.11.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-3
A	US 2003/0021527 A (Fujitsu Limited) 2003.01.30, 全文, 全図 & JP 2003-035873 A, 全文, 全図	1-3
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	14.04.2004	国際調査報告の発送日 27.4.2004
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	2X 9609
日本国特許庁 (ISA/J P)	梶本 英吾	
郵便番号100-8915	電話番号 03-3581-1101	内線 3293
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		